

## **1 Niveles de innovación**

La gran mayoría de los inventos y las innovaciones tecnológicas se produjeron de manera fortuita y con un gran esfuerzo por parte de los inventores, sólo cabe destacar los 3000 experimentos que llevó a cabo Thomas Alva Edison y su equipo de técnicos, antes de poder inventar el primer foco de resistencia incandescente.

Aquí es indispensable señalar que conforme avanza la ciencia y la tecnología, el grado de dificultad para generar inventos e innovaciones tecnológicas tiende a ser mayor y ello se debe a que no todos los inventos son iguales. Altshuller clasificó cada descubrimiento o innovación que encontró en una patente como propio de un nivel de inventiva y determinó la existencia de cinco niveles. A continuación se describe cada uno de éstos.

**Nivel uno:** Problemas rutinarios resueltos con métodos bien conocidos. No se necesitó alguna invención. Aproximadamente, 32% de las soluciones clasificaron en este nivel. Se necesitaron aproximadamente 10 veces el ensayo-error.

**Nivel dos:** Mejoras menores a un sistema existente, por métodos conocidos dentro de la industria. Normalmente, con algún compromiso, aproximadamente 45% de las soluciones se clasificaron en este nivel. Para este nivel, se usó 100 veces el ensayo-error.

**Nivel tres:** Mejora fundamental a un sistema existente, por métodos conocidos fuera de la industria. Las contradicciones se resolvieron. Aproximadamente el 18% de las soluciones clasificaron en ésta categoría. Para llegar a ésta mejora, se realizó unas 1.000 veces el ensayo-error.

**Nivel cuatro:** Una nueva generación que usa un nuevo principio para realizar las funciones primarias del sistema. Las soluciones se encontraron más en la ciencia que en la tecnología. Aproximadamente, 4% de las soluciones se clasificaron en ésta categoría. Para este nivel, aproximadamente, unas 100 mil veces se empleó el ensayo-error.

**Nivel cinco:** Un descubrimiento científico o la invención pionera de un nuevo sistema esencialmente. Aproximadamente el 1% de las soluciones entró en ésta categoría. En este nivel, un millón de veces se utilizó el ensayo-error.

Altshuller (2002) percibió que cada vez que se aumentaba en los niveles de inventiva, para poder llegar a considerar una solución ideal, se requería de mayor número de soluciones, donde una gran cantidad de conocimiento era requerida. Se realiza la comparación con la metodología del ensayo-error, porque es la metodología que se ha estado aplicando por los científicos. A la hora de resolver problemas, una de las principales virtudes de TRIZ es recortar el camino de la búsqueda de soluciones, al brindarnos herramientas que, directamente, definen el campo de solución de cualquier problema.

## **2 TRIZ**

Es una forma de pensar para lograr excelencia en diseño, innovación y solución de problemas. Sus principios filosóficos son los siguientes:

- *Idealidad:* se refiere a la maximización de los beneficios proporcionados por el sistema y la minimización de efectos dañinos y los costos asociados.
- *Funcionalidad:* bloque fundamental del análisis de sistemas. Se usa para construir modelos mostrando como trabaja el sistema, así como para evaluar como se crean beneficios, efectos dañinos y costos.
- *Recursos:* Se busca su máxima utilización.
- *Contradicciones:* inhibidor para incrementar la funcionalidad; al reducir la contradicción se incrementa la funcionalidad y se alcanza un nuevo nivel de desempeño.
- *Evolución:* la tendencia de la tecnología es predecible y se puede usar como guía para desarrollos futuros.

En base a los principios filosóficos anteriores, TRIZ desarrolla un sistema de métodos para definición y solución de problemas. Es un proceso de cuatro pasos consistiendo de: definición del problema, clasificación del problema y selección de herramientas, generación de la solución y evaluación.

Hay problemas sencillos y problemas complejos. Altshuller los clasificó como problemas rutinarios y problemas inventivos o creativos. Según la teoría TRIZ, existen dos tipos de problemas:

**Problemas rutinarios**

Aquellos con soluciones previamente conocidas. Este tipo de problemas pueden ser resueltos con base a informaciones previas, es decir, se les pueden aplicar soluciones que anteriormente se han utilizado en otros problemas.

**Problemas inventivos**

Aquellos con soluciones desconocidas. De acuerdo a Altshuller, la solución de éstos problemas, denominados inventivos, causa otros problemas, cuya solución no es obvia y obliga a pensar al que lo intenta resolver. TRIZ es de aplicación para este tipo de problemas.

Por el contrario, los problemas sencillos o rutinarios, se resuelven fácilmente con soluciones rutinarias y no dan lugar a la innovación. Altshuller (2002) calificó a la definición del problema como la etapa más ardua al momento de innovar y que mayor tiempo ocupa, pero es la base de toda innovación, porque si se logra definir con precisión se puede encontrar la solución, seleccionar las herramientas adecuadas para generar las soluciones y finalmente evaluar.

Una invención no es sino el hallazgo de una solución novedosa o creativa a un problema dado. Es importante destacar que sin problema no hay invención, puesto que no se puede hallar nada si no se está buscando. A veces sin embargo se encuentra algo diferente a lo que se estaba buscando y encontramos una solución novedosa a otro problema diferente. Pero hasta este momento la invención no deja de ser una idea. Solamente cuando ésta idea se hace realidad a través de su implantación se consigue una innovación. La industria sólo está interesada en innovaciones, puesto que aquellas ideas creativas que sean difíciles de realizar quedarán descartadas y morirían en el olvido.

El TRIZ en un principio sólo se ocupó de invenciones. Hoy día se ocupa de invenciones realizables que más tarde se conviertan en innovaciones.

La definición del problema representa el 90% de la solución, e incluye las actividades siguientes:

- *Definición del proyecto.*

- *Análisis funcional*: incluye el modelado de funciones del sistema y su análisis.
- *Análisis de la evolución tecnológica*: identifica el grado de madurez tecnológica de los subsistemas y partes, ya que en la madurez se puede llegar al límite del desempeño y ser un cuello de botella para el sistema completo.
- *Resultado final ideal*: es el límite virtual del sistema. No puede alcanzarse pero sirve de guía, ayudando a pensar fuera de la caja.

A continuación se describen los elementos clave de TRIZ.

## **Principios básicos de la evolución de los sistemas tecnológicos**

Antes de entrar en el tópico principal del presente, es indispensable definir lo que se entiende por “Sistema Tecnológico” dentro de la TRIZ. Altshuller establece que “cualquier cosa que se emplea para llevar a cabo alguna tarea específica, es un “Sistema Tecnológico”; por ejemplo: un automóvil, una computadora, un refrigerador, una licuadora, un cuchillo e inclusive un lápiz”.

Por otro lado, un sistema tecnológico está integrado por “subsistemas tecnológicos”, por ejemplo: un automóvil tiene como subsistemas los siguientes: motor, mecanismo de frenado, sistema eléctrico, etc., los cuales, tomados de manera individual, son también sistemas tecnológicos que contienen otros subsistemas.

Existen también, en esa misma jerarquía, los “Súper Sistemas Tecnológicos” formados por varios sistemas tecnológicos, por ejemplo: una fábrica de automóviles es un supersistema basado en subsistemas como son: cada una de las máquinas para fabricar las partes que integran a los vehículos.

Dentro de los sistemas tecnológicos existe un nivel de subordinación, por ejemplo: el foco de las luces direccionales de un automóvil, está subordinado al sistema eléctrico del vehículo sin el cual no podría funcionar adecuadamente. A su vez, el automóvil se encuentra subordinado a otros sistemas tecnológicos como son: las fábricas de automóviles, las carreteras, las gasolineras, los talleres de servicio, etc.

### Etapas en la evolución de los sistemas tecnológicos

De acuerdo Kaplan (1996), “los sistemas evolucionan desde su concepción al nacimiento, infancia, madurez y declive” (Figura 1). Para que un sistema pueda sobrevivir o mantenerse en vigencia, tiene que ocurrir un salto hacia un nuevo sistema. Ese nuevo salto se logra con la innovación continua. Todo sistema o producto evolucionará entre éstas etapas.

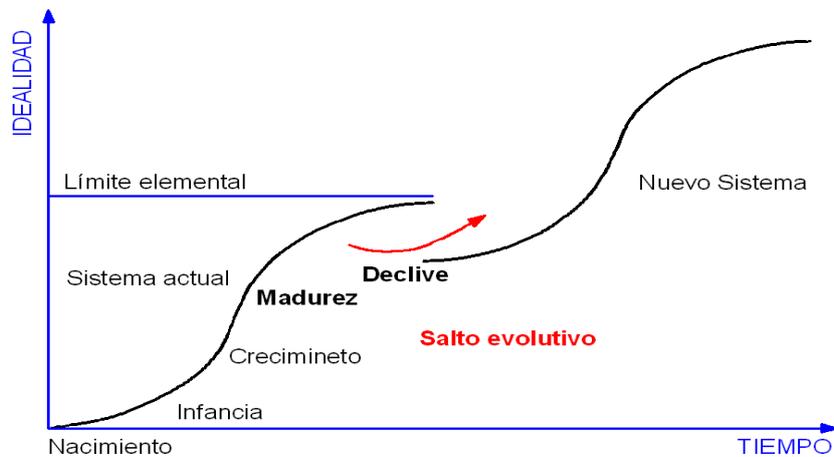


Figura. 1 Curva-S del desarrollo y mejoramiento de la funcionalidad de los sistemas tecnológicos

Un ejemplo de cómo ha ido evolucionando el sistema tecnológico de la computadora se puede observar en la Figura 2

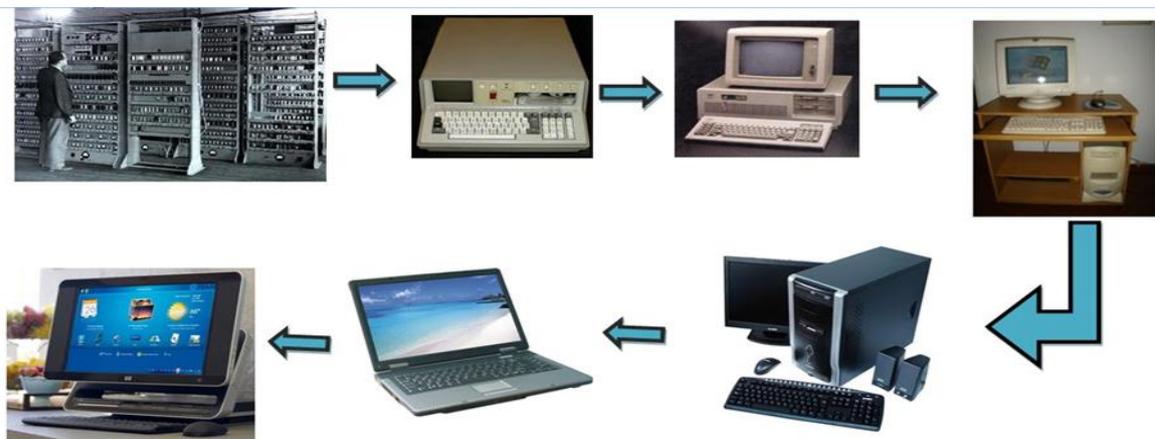


Figura 2 Evolución del sistema tecnológico de la computadora

**Etapas:**

**Infancia:** Es la etapa en la que nacen los sistemas tecnológicos, siendo muy ineficientes y bastante alejados de la “solución ideal” de la cuarta ley ya vista. Por ejemplo, el primer automóvil que salió de la línea de producción del Sr. Henry Ford era muy ruidoso, pesado, contaminante y poco eficiente en el uso de combustible, sin embargo fue un gran cambio de los carruajes tirados por caballos.

**Crecimiento acelerado:** A medida que transcurre el tiempo, el sistema tecnológico va siendo mejorado, de acuerdo a los descubrimientos en ciencia y tecnología y aumenta su idealidad. En el ejemplo del automóvil claramente se puede ver que se hizo más eficiente en el uso del combustible, más ligero por el desarrollo de los plásticos y el aluminio, más veloz, menos ruidoso, etc.

**Madurez:** Es la etapa en la cual se estabiliza el sistema tecnológico, es decir que se hace mucho más difícil mejorarlo y tales mejoras son relativamente insignificantes. En el caso del coche, actualmente ya es muy poco lo que se le puede mejorar. Si se comparan los modelos de los últimos 5 años, los cambios han sido solamente de carácter estético o de comodidad, no hay cambios sustanciales en los subsistemas.

**Vejez:** Aquí es cuando el sistema tecnológico ha llegado al final de su vida útil u obsolescencia, al no poder ser mejorado de manera significativa. Los subsistemas tienden a cambiar drásticamente, aunque no todos, como se vio en la quinta ley. En el caso del coche actual, se observa la tendencia hacia automóviles híbridos (gasolina y electricidad), de celdas solares, que utilicen Hidrógeno, etc., mismos que serán los vehículos del futuro.

**Leyes básicas en la evolución de los sistemas tecnológicos.**

Todos los sistemas tecnológicos evolucionan de acuerdo a 8 leyes básicas y dos secundarias. (Blosier 2003). Conociendo dichas leyes, es posible predecir la forma idónea de resolver un problema de innovación tecnológica.

- ✚ Primera ley, también llamada “Ley integradora de las partes de un sistema tecnológico”: Éste principio se refiere a la unión de partes (subsistemas) en un

**Pensamiento crítico para la solución de problemas**  
**Martha Edith Morales Martínez**  
**Fac. de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**Diciembre 2016**

---

sólo sistema en que se reúnen con objeto de realizar alguna tarea determinada. Las cuatro partes a que se refiere dicha ley son:

**“Motor”**: Es el subsistema que se encarga de transformar algún tipo de energía en movimiento para que el resto del sistema funcione adecuadamente.

**“Órgano de Transmisión”**. Subsistema mediante el cual se transmite la energía, del “motor” a un “órgano de trabajo”.

**“Órgano de trabajo”**. Es el subsistema que lleva a cabo, directamente, el fin para el cual fue diseñado el sistema tecnológico.

**“Órgano de control”**. Es el equivalente al “cerebro” del sistema tecnológico que se encarga de controlarlo para que lleve a cabo el fin deseado de una forma adecuada.

El ejemplo más representativo de todo lo anterior es un automóvil, en el cual el “motor” transforma la energía concentrada en algún combustible (diésel, gasolina, gas licuado del petróleo, Hidrógeno, etc.) en energía mecánica, que a su vez es transmitida, mediante la transmisión del vehículo a las ruedas (“órgano de trabajo”), siendo todo el sistema electrónico el “órgano de control” .

- ✚ Segunda ley, la cual se refiere a la transmisión de energía en un sistema e indica que todos los sistemas tecnológicos evolucionan, mejorándose, en relación a la conducción de la energía, del motor al “órgano de trabajo”. Dicha transmisión de energía puede darse mediante algún mecanismo como puede ser: una banda, una flecha, engranes, etc. También por medio de un campo que puede ser: magnético, térmico, eléctrico, etc. y finalmente, empleando algún tipo de sustancia como agua (vapor), Sodio líquido, etc.
- ✚ Tercera ley, también llamada de “armonización de ritmos” e indica que: “un sistema tecnológico evoluciona al aumentar la armonía entre los cuatro órganos de trabajo que lo integran, lo cual incluye, la armonía de movimiento, de frecuencias, de vibraciones y ritmos en general del sistema tecnológico”. Ésta ley se puede entender mejor con el siguiente ejemplo: En el motor de un automóvil, el movimiento de los pistones está perfectamente sincronizado con el movimiento de la leva y ésta con el sistema de transmisión a las ruedas, de

no ser así, el vehículo funciona de manera deficiente o simplemente no se movería.

- ✚ Cuarta ley o de “idealidad creciente”, se entiende como la evolución que sufren los sistemas tecnológicos hacia su mejor desempeño o la llamada “mejora continua”.
- ✚ Quinta ley, la cual se relaciona con el desarrollo desfasado de los subsistemas de los sistemas tecnológicos. A medida que un sistema tecnológico es más complicado, existe mayor grado de desfasamiento en la evolución de los subsistemas que lo integran. Por ejemplo: En los grandes barcos de carga, los cuales tienen un alto grado de subsistemas tecnológicos de punta, su sistema de frenado no ha evolucionado en los últimos 50 años lo que ha provocado un gran número de accidentes.
- ✚ Sexta ley o de “transición a un supersistema tecnológico”. Este principio se refiere a que cuando un sistema tecnológico llega a su máximo nivel de desarrollo o de utilidad, puede estar sujeto a un “salto” tecnológico que lo convierta en un subsistema de un sistema de mayor jerarquía que él.
- ✚ Séptima ley o de “transición” de un sistema tecnológico “macro” a otro “micro”. Ejemplos de éste principio abundan como es el caso de los microprocesadores en las computadoras y el surgimiento de la nanotecnología.
- ✚ Octava ley, también llamada de “incremento dinámico”. En este caso se trata de aumentar el grado de movilidad de alguna de las partes de un sistema tecnológico con objeto de hacerlo más flexible y adaptable a los requerimientos para los cuales fue diseñado, tal es el caso del tren de aterrizaje retráctil de la mayoría de los aviones modernos. Otro ejemplo son las alas móviles, en los aviones de combate, que cambian el ángulo de ataque de acuerdo a las necesidades del vuelo.

Adicionalmente a las 8 leyes anteriores principales, Altshuller ha propuesto dos complementarias:

- ✚ Novena ley o de “mayor interacción” entre una sustancia y un campo, en un sistema tecnológico. El campo puede ser magnético, eléctrico, térmico, gravitacional, etc.
  
- ✚ Décima ley o de “inercia psicológica”. Este principio es muy común pero poca gente lo reconoce y se refiere a que el ser humano, en general, es muy refractario al cambio y por lo tanto le es bastante difícil inventar algo novedoso, si hacerlo significa cambiar los viejos moldes tradicionales .

Es indispensable aclarar que en la evolución de los sistemas tecnológicos se requiere del avance científico para descubrir nuevas leyes y principios, sin los cuales la evolución es imposible.

### **Modelado de funciones y Análisis funcional**

Una función se define como la acción natural o característica realizada por un producto o servicio. A veces tiene muchas, por ejemplo un coche sirve para ir del punto A al punto B, con aire acondicionado y música.

La función principal es la función primaria (la habilidad de ir de A a B); las funciones secundarias son deseables (con música); y las funciones no básicas proporcionan estatus, confort, etc. Por ejemplo un color especial del coche.

Se tienen otras funciones adicionales:

Las funciones de soporte, soportan a las otras funciones. Se tienen dos clases de funciones de soporte: funciones de asistencia y funciones de corrección.

- Las funciones de asistencia permiten la funcionalidad de las demás, por ejemplo el sistema de suspensión del coche para mantener estable al motor.
- Las funciones de corrección corrigen los efectos negativos de otras funciones útiles como la bomba de agua en el coche que permite el enfriamiento del motor.

**Pensamiento crítico para la solución de problemas**  
**Martha Edith Morales Martínez**  
**Fac. de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**Diciembre 2016**

---

Las funciones dañinas son los efectos negativos causados por las funciones útiles. Por ejemplo un motor no solo genera ruido sino también calor y contaminación, ambos efectos dañinos.

En resumen la función primaria básica principal y las funciones secundarias proporcionan valor al cliente. Las funciones de soporte son útiles, o al menos no son dañinas, generan costos. Las funciones dañinas no son útiles y no proporcionan realmente beneficios.

Una función puede ser descrita por tres elementos: Sujeto o fuente de acción, verbo o acción (campo mecánico, eléctrica o química) y un objeto o receptor de la acción. Por ejemplo::

**Un coche → mueve → gente**  
**Un cepillo    cepilla    dientes**  
(mecánico)

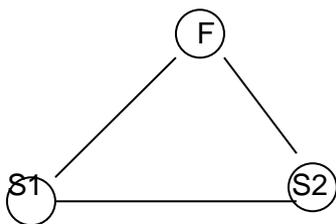
Otro modelo que se utiliza es el campo de substancia y modelo, donde la substancia S1 es equivalente al objeto; la substancia S2 es equivalente al sujeto y el campo F representa el campo de energía de la interacción entre S1 y S2.

Por ejemplo una persona pintando una pared:

S1 – Pared

S2 – Persona (herramienta)

F – pintura (campo químico)



**Recursos**

Maximizar los recursos es una prioridad en TRIZ, los recursos se pueden segmentar en las categorías siguientes:

1. Recursos de sustancia

- Materias primas y productos
- Desperdicio
- Productos secundarios
- Sustancias alteradas por el sistema
- Sustancias dañinas por el sistema

2. Recursos de campos

- Energía en el sistema
- Energía del medio ambiente
- Energía/campo formado de plataformas actuales de energía
- Energía(campo que puede ser derivado del desperdicio del sistema)

3. Recursos de espacio

- Espacio vacío
- Espacio en interfases de diferentes sistemas
- Espacio creado por arreglos verticales
- Espacio creado por espacios anidados
- Espacio creado por reacomodo de elementos existentes

4. Recursos de tiempo

- Periodo previo a la tarea
- Espacio de tiempo creado por programación eficiente
- Espacio creado por operación paralela
- Periodo posterior a la tarea

5. Recursos de información y conocimiento

- Conocimiento de todas las sustancias disponibles (propiedades de materiales, transformaciones, etc.)
- Conocimiento de todos los campos disponibles
- Conocimientos pasados

- Conocimientos de otras personas
- Conocimiento en la operación

#### 6. Recursos funcionales

- Funciones principales actuales del sistema no utilizadas o subutilizadas
- Funciones secundarias actuales del sistema no utilizadas o subutilizadas
- Funciones dañinas actuales del sistema no utilizadas o subutilizadas

En TRIZ es mejor buscar recursos baratos, disponibles, abundantes, más que caros, difíciles de usar y escasos.

#### **Idealidad**

Es una medida de la excelencia, en TRIZ se define como:

$$\text{Idealidad} = \text{Suma de beneficios} / (\text{Suma de costos} + \text{suma de daños})$$

Se busca un valor alto de la razón, un nuevo sistema se comparará con el anterior con base a este indicador.

#### **Contradicción**

En TRIZ un problema puede ser expresado como una contradicción técnica o una contradicción física.

Una contradicción técnica se presenta cuando la acción de utilidad simultáneamente causa una acción dañina. Por ejemplo si un tanque de gasolina se hace más fuerte, se vuelve más pesado y la aceleración del coche se reduce.

Un problema asociado a una contradicción técnica puede resolverse ya sea estableciendo un compromiso entre las demandas contradictorias suavizando la contradicción o eliminándola.

Una contradicción física es una situación en la cual un sujeto o un objeto tiene que estar en dos estados físicos mutuamente exclusivos. Tiene el patrón típico siguiente:

para realizar la función F1, el elemento debe tener la propiedad P, pero para realizar la función F2, debe haber tenido la propiedad  $-P$ , o lo opuesto de P. Por ejemplo: un coche no debe pesar (P) para tener economía de combustible (F1), pero debe tener peso ( $-P$ ) para ser estable en su manejo (F2).

### **3 Proceso de solución de problemas de TRIZ**

TRIZ tiene cuatro procesos de solución de problemas:

- (1) definición del problema
- (2) Clasificación y selección de herramientas
- (3) Solución del problema
- (4) Evaluación de la solución

#### **(1) Definición del problema**

Inicia con las preguntas siguientes: ¿Cuál es el problema?; ¿Cuál es el alcance del proyecto?; ¿Qué componentes, subsistemas y sistemas están involucrados?; y ¿Si se tiene una solución, por qué no ha funcionado?.

Como apoyo se pueden utilizar los principios de modelado de funciones; idealidad; análisis de la curva S (evolución de la tecnología) y análisis de contradicciones.

#### **(2) Clasificación del problema y selección de herramientas**

Después de definir el problema, se debe clasificar el problema en las siguientes categorías, para las cuales se cuenta con diversos métodos para resolver el problema.

- *Contradicción física.* Métodos: resolución de contradicción física y principios de separación.
- *Contradicción técnica.* Métodos: principios de inventiva.
- *Estructuras imperfectas funcionales.* Ocurre cuando hay funciones útiles inadecuadas o falta de funciones requeridas o cuando hay exceso de funciones dañinas. Métodos: mejora funcional y soluciones estándar TRIZ.
- *Complejidad excesiva.* Ocurre cuando el sistema es muy complejo y costoso, y algunas de sus funciones pueden ser eliminadas o combinadas. Métodos: ajustes.

- *Mejora de sistemas.* Ocurre cuando el sistema actual hace su función, pero es necesario mejorarlo para competir.
- *Desarrollo de funciones útiles.* Ocurre cuando que funciones útiles son necesarias para mejorar el sistema pero no sabemos como crearlas.

### **(3) Generación de soluciones**

Después de la clasificación se puede aplicar una diversidad de métodos TRIZ.

### **(4) Evaluación del concepto**

Hay muchos métodos para evaluar y seleccionar la mejor solución, no están relacionados con TRIZ, se incluyen la selección de conceptos de Pugh, ingeniería del valor, y los métodos de diseño axiomático.

## **4 Contradicción física: principios de resolución y separación**

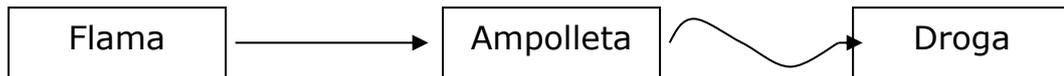
Cuando se encuentran contradicciones al principio parecen ser técnicas, sin embargo conforme al ahondar en el problema se encuentra que es una contradicción física con el patrón: *“para realizar la función F1, el elemento debe tener la propiedad P, pero para realizar la función F2, debe haber tenido la propiedad -P, o lo opuesto de P”*.

Se analiza en los pasos siguientes:

- Paso 1: Capturar las funciones involucradas en el conflicto y establecer el modelo funcional para la contradicción.
- Paso 2. Identificar la contradicción física, se presenta cuando una acción útil y una acción dañina coexisten en el mismo objeto.
- Paso 3. Identificar las zonas de conflicto. Hay dos zonas de conflicto, espacial y temporal.

**Ejemplo:** Para el sellado de una ampollita, la flama se aplica al cuello para fundir el vidrio, sin embargo el calor puede calentar la droga de la ampollita y descomponerla.

- Paso 1: Capturar las funciones involucradas en el conflicto y establecer el modelo funcional para la contradicción. Las cápsulas de vidrio requieren ser selladas pero la droga no debe alterarse.



- Paso 2. Identificar la contradicción física, se presenta cuando una acción útil y una acción dañina coexisten en el mismo objeto. En este caso la acción útil “calentar y sellar la ampollita” y la acción dañina “calentar y descomponer la droga” coexisten en la ampollita, por tanto la contradicción física es:
  - Las ampollitas necesitan ser calentadas para ser fundidas y selladas.
  - Las ampollitas no debe ser calentadas, o la droga puede ser descompuesta.
- Paso 3. Identificar las zonas de conflicto. Hay dos zonas de conflicto, espacial y temporal.
  - Propiedad de localización: solo debe calentarse la nariz de la ampollita.
  - Propiedad temporal: las acciones útil y dañina suceden al mismo tiempo.

### **Separación de las contradicciones físicas**

Después de la identificación de la contradicción física. TRIZ tiene las siguientes cuatro métodos para resolver la contradicción: separar en el espacio, separar en el tiempo, separar entre componentes, y separar entre componentes y un conjunto de componentes.

- Separación en espacio: esto significa que una parte del objeto tiene una propiedad P mientras que otra parte tiene la propiedad – P, haciendo la separación se puede resolver la contradicción de física. En el ejemplo, la contradicción se resuelve si se puede mantener la nariz de la ampollita caliente y el cuerpo de la ampollita frío.

- Separación en tiempo: se debe identificar los periodos de tiempo cuando la función útil tiene que realizarse y la función dañina eliminada. Si se pueden separar estos dos periodos completamente, se puede eliminar esta contradicción. Por ejemplo algunos edificios tiene pilares para sostenerse, estos deben tener una base amplia como base para tener firmeza, sin embargo con una base ancha es difícil colocarlos, para lo cual requerirían una base en punta. Como solución se introducen con base en punta y se hace explotar al final para ampliar la base. Separando en dos tiempos.
  
- Separación entre los componentes. Significa que un componente tiene propiedad P, mientras que otro tiene la propiedad – P opuesta. Algunas veces se puede limitar el número de propiedades del componente involucrado en el conflicto a uno, y se introduce otro componente a tener otra propiedad. Por ejemplo en un control remoto, si se reduce el capacitor de la descarga infrarroja para alargar la vida de la batería, el impulso tendrá baja potencia, mejorar un parámetro degrada otro. Como contradicción física el capacitor debe tener baja capacidad para carga y alta capacidad para descarga. Como solución se usan varios capacitores pequeños en batería para que el pulso de descarga sea similar al original y la carga sea baja.

## **5 Eliminación de contradicciones técnicas - principios de inventiva**

Genrich Altshuller analizó más de 40,000 patentes e identificó aproximadamente 1,250 contradicciones técnicas típicas, expresadas en una matriz de 39 x 39 como “parámetros de ingeniería”. Con esta información compiló 40 principios algunos conteniendo subprincipios y haciendo un total de 86.

Los 40 principios y la tabla proporcionan guía para problemas que no son familiares o nuevos y cuya solución no es tan directa aplicando los conocimientos y experiencia.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

**Pensamiento crítico para la solución de problemas**  
**Martha Edith Morales Martínez**  
**Fac. de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**Diciembre 2016**

---

- Decidir que atributos deben ser mejorados, y usar uno de los 39 parámetros en la tabla de contradicciones para estandarizar o modelar este atributo.
- Contestar las preguntas siguientes:
  - ¿Cómo puede ser mejorado este atributo por los mecanismos convencionales?
  - ¿Qué atributo será deteriorado si se utilizan medidas convencionales?
- Seleccionar un atributo en la tabla de contradicciones correspondiente al paso 2b.
- Usando la tabla de contradicciones, identificar los principios en la intersección de la fila (atributos mejorados) y la columna (atributos deteriorados) para reducir la contradicción técnica.

A continuación se muestra la lista de los 40 principios. Los nombres se encuentran alternados de una variedad de traducciones de la investigación original rusa.

1. Segmentación (fragmentación)
  - Dividir un objeto en partes independientes.
  - Hacer un objeto fácil de desensamblar.
  - Incrementar el grado de fragmentación de un objeto.
  
2. Separación (colocar fuera, extraer), separar una parte o propiedad “que interfiera” de un objeto o separar sólo la parte necesaria o propiedad del objeto.
  
3. Calidad local
  - Cambiar la estructura del objeto de uniforme a no uniforme, o cambiar un ambiente externo (o influencia externa) de uniforme a no uniforme.
  - Hacer que la función de cada parte del objeto sea más adecuada para su operación.
  - Hacer que cada parte de un objeto realice diferentes funciones útiles.
  
4. Cambio de simetría (asimetría)
  - Cambiar la forma de un objeto de simétrico a asimétrico.
  - Si un objeto es asimétrico, aumentar su asimetría.

5. Combinación (consolidación)
  - Combinar o reunir objetos similares; ensamblar partes similares o idénticas para realizar operaciones paralelas.
  - Hacer operaciones contiguas o paralelas, realizándolas al mismo tiempo.
  
6. Multifuncionalidad (consolidación), hacer que una parte u objeto realice múltiples funciones, para eliminar la necesidad de otras partes.
  
7. “La muñeca anidada” (la encapsulada “Matrushka”)
  - Poner cada objeto dentro de otro mayor.
  - Hacer que una parte pase dentro de la cavidad de otra parte.
  
8. Compensación de peso (anti-peso, contrapeso)
  - Compensar el peso de un objeto, combinarlo con otros objetos que lo apalanquen.
  
9. Neutralización preeliminar (anti-acción preeliminar, pre-contracción)
  - Si es necesario realizar una acción con los efectos útiles y dañinos, esta acción debe reemplazarse después con acciones para controlar los efectos dañinos.
  - Crear esfuerzos en un objeto que se opongan a esfuerzos de trabajo indeseables conocidos posteriormente.
  
10. Acción preliminar (acción prioritaria, hacerlo en forma adelantada)
  - Realizar antes de que sea requerido, las modificaciones a un objeto (ya sea de modo parcial o completo).
  - Arreglar los objetos de tal manera que puedan realizar su acción intencionada en forma expedita desde su posición más conveniente.
  
11. Amortiguamiento anticipado
  - Preparar planes de emergencia anticipados para compensar la baja confiabilidad de un objeto.

12. Equipotencialmente (traer cosas al mismo nivel)
  - En un campo potencial, limitar los cambios de posición (vgr. Cambiar condiciones de operación para eliminar la necesidad de subir o bajar objetos en un campo gravitacional).
  
13. “Hacerlo de otra manera” (realizarlo en reversa, hacerlo inversamente)
  - Invertir las acciones usadas para resolver el problema (vgr. En vez de enfriar un objeto, calentarlo).
  - Hacer móviles partes fijas (o el medio ambiente externo), y fijar partes móviles.
  - Girar el objeto (o proceso) hacia arriba y hacia abajo.
  
14. Esfericidad (curvatura esférica)
  - En vez de usar partes, superficies o formas rectilíneas, usar curvilíneas, cambiando de superficies planas a esféricas, o de partes cúbicas a esféricas.
  - Usar bolas, espirales y/o domos.
  - Cambiar movimiento lineal a rotatorio, usando fuerza centrífuga.
  
15. Partes dinámicas (dinámicamente, dinamización, dinámica)
  - Permitir que las características de un objeto o su diseño, medio ambiente externo o proceso pueda optimizarse o encontrar una condición óptima.
  - Dividir un objeto en partes capaces de moverse una contra otra en forma relativa.
  - Si un objeto (o proceso) es rígido o inflexible. Hacerlo móvil o adaptativo.
  
16. Acciones parciales o excesivas (hacer un poco menos)
  - Si el 100% de un efecto es difícil de lograr usando un método. Entonces usar “un poco menos” o “un poco más” del mismo método, el problema puede ser considerablemente más fácil de resolver.
  
17. Cambio de dimensión (otra dimensión)
  - Mover un objeto en dos o tres dimensiones.
  - Usar un arreglo de objetos de varios pisos en vez de un arreglo en un solo piso.

- Voltrear o reorientar el objeto apoyándolo en uno de sus lados.
- Usar el “otro lado” de un área dada.

18. Vibración mecánica

- Hacer que un objeto vibre u oscile.
- Incrementar la frecuencia de un objeto (aun a nivel ultrasónico).
- Usar la frecuencia de resonancia de un objeto.
- Usar vibradores piezoeléctricos en vez de mecánicos.
- Usar oscilaciones ultrasónicas y electromagnéticas combinadas.

19. Acción periódica

- En vez de acciones continuas usar acciones periódicas o de impulso.
- Si una acción ya es periódica, cambiar la magnitud o la frecuencia.
- Usar pausas entre impulsos para realizar una acción diferente.

20. Continuidad de acción útil

- Realizar el trabajo continuamente; hacer todas las partes de un objeto que trabajen a plena carga, todo el tiempo.
- Eliminar todas las acciones de ocio o intermitentes en el trabajo.

21. Apresurarse (saltar, apresurarse a través)

- Realizar un proceso o ciertas etapas del mismo (vgr. Operaciones destructivas, dañinas o peligrosas), a alta velocidad.

22. “Bendición para fingir” (convertir los daños en beneficios)

- Usar factores dañinos (particularmente efectos dañinos del ambiente o alrededores) para lograr un efecto positivo.
- Eliminar la acción de daño primario agregándola a otra acción dañina para resolver el problema.
- Amplificar un factor dañino a tal grado que no sea dañino.

23. Retroalimentación

- Introducir retroalimentación (chequeo cruzado) para mejorar un proceso o acción.
- Si ya se usa la retroalimentación, cambiar su magnitud e influencia.

24. Intermediación (mediador)

- Usar un transporte de artículos intermedio o proceso intermedio.
- Combinar un objeto temporalmente con otro (que sea fácilmente removido).

25. Autoservicio

- Hacer que un objeto se pueda servir por si mismo realizando funciones auxiliares de apoyo.
- Usar desperdicio de recursos, energía o sustancia.

26. Copiando

- En vez de un objeto no disponible, caro, o frágil, usar copias más simples y baratas.
- Reemplazar un objeto o proceso con sus copias ópticas
- Si ya se están utilizando copias ópticas moverse a copias infrarrojas o ultravioleta.

27. Disposiciones baratas

- Reemplazar un objeto caro por varios objetos baratos, comprometiendo ciertas cualidades (vgr. Vida útil).

28. Sustitución (mecánica (uso de campos)

- Reemplazar un medio mecánico con un medio sensorial (óptico, acústico, de gusto u olor).
- Usar campos magnéticos y eléctricos para interactuar con el objeto.
- Cambiar de campos estáticos a campos móviles, de campos no estructurados a los que tengan estructura.
- Usar campos en conjunto con partículas activados por campos (vgr. Partículas ferromagnéticas).

29. Neumáticos e hidráulicos

- Usar partes líquidas y gaseosas de un objeto en vez de partes sólidas (vgr. Inflable, lleno con líquido, colchón de aire, hidrostático, partes hidroreactivas).

30. Cubiertas flexibles y películas delgadas

- Usar cubiertas flexibles y capas delgadas en vez de estructuras tridimensionales.
- Aislar los objetos del medio ambiente externo usando cubiertas flexibles y capas delgadas.

31. Materiales porosos

- Hacer poroso a un objeto o agregar elementos porosos (insertos, acabados, etc.)
- Si un objeto es ya poroso, usar los poros para introducir una sustancia o función útil.

32. Cambios de propiedad óptica (cambio de color)

- Cambiar el color de un objeto o su medio ambiente externo
- Cambiar la transparencia de un objeto o de su medio ambiente externo

33. Homogeneidad

- Hacer que los objetos interactúen con un objeto del mismo material ( o un material con propiedades idénticas).

34. Descartar y recuperación

- Disponer de porciones de un objeto que ha cumplido su función (desecharlo por disolución, evaporación, etc.) o modificarlo directamente durante la operación.
- AL contrario, restaurar partes consumibles de un objeto directamente durante la operación.

35. Cambios de parámetros (transformación de propiedades)

- Cambiar el estado físico de un objeto (vgr. A un gas, líquido, o sólido).

- Cambiar su concentración o consistencia.
- Cambiar su grado de flexibilidad.
- Cambiar la temperatura.

36. Transiciones de fase

- Usar fenómenos que ocurran durante la fase de transición (vgr. Cambios de volumen, pérdidas o absorción de calor).

37. Expansión térmica

- Usar la expansión térmica (o contracción) de materiales.
- Si la expansión térmica se utiliza , usar materiales múltiples con diferentes coeficientes de expansión térmica.

38. Oxidantes fuertes (oxidación acelerada)

- Reemplazar aire común con aire enriquecido con oxígeno
- Reemplazar aire enriquecido con oxígeno puro
- Exponer aire u oxígeno a radiación ionizante.
- Usar oxígeno ozonizado.
- Reemplazar oxígeno ozonizado (o ionizado) con ozono.

39. Atmósfera inerte (ambiente inerte)

- Reemplazar un medio ambiente con un ambiente inerte.
- Agregar partes neutrales o aditivos inertes a un objeto.

40. Materiales compuestos

- Cambiar de materiales uniformes a compuestos (múltiples).

El uso de cada uno de los principios es ilustrado con ejemplos de muchas áreas diferentes de tecnología y negocios. Muchos ejemplos que fueron usados son repetidos para mostrar como los 40 principios pueden ser usados para desarrollar soluciones a esos problemas. Los problemas pueden ser resueltos y los sistemas mejorados de distintas maneras, usando un principio o usando muchos al mismo tiempo. El muchas soluciones, se usa mas de un principio. Cuando encuentre un

**Pensamiento crítico para la solución de problemas**  
**Martha Edith Morales Martínez**  
**Fac. de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**Diciembre 2016**

---

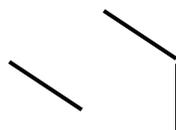
principio interesante, busque otros principios que pudieran mejorar la idea. Mas aún, un principio le dará un concepto para una solución, pero muchos pueden ser necesarios para obtener una solución práctica de trabajo.

Para facilitar el leer y recordar, la lista de principios está dividida en grupos de dos a cuatro. Cada grupo está considerado en una sección. Los principios en algunos grupos están naturalmente conectados con los otros; otros simplemente tienen aproximaciones diferentes. Los grupos son:

- Segmentación, separación (principios del 1 al 2)
- Calidad local, cambio de simetría, combinación, multifuncionalidad (3-6)
- “La muñeca anidada” compensación de peso (7-8)
- Contracción preeliminar, acción preeliminar, compensación preeliminar(9-11)
- Equipotencialidad, “otro camino alrededor”, incremento de curvatura(12-14)
- Partes dinámicas, acciones parciales o excesivas, cambio de dimensionalidad, vibración mecánica (15-18)
- Acción periódica, continuidad de acción útil, apurándose(19-21)
- “Bendiciendo para fingir”, retroalimentación, intermediación(22-24)
- Autoservicio, copiando, disposiciones baratas, sustitución de interacciones mecánicas(25-28)
- Neumáticos e hidráulicos, escudos flexibles y películas delgadas, materiales porosos(29-31)
- Cambios de propiedad óptica, homogeneidad, descarte y recubierta(32-34)
- Cambios de parámetro, fase de transición, expansión térmica(35-37)
- Oxidantes fuertes, atmósfera inerte, materiales compuestos(38-40).

**Ejemplo: Mejora del diseño de llave de tuercas**

Cuando se trata de remover una tuerca apretada o corroída uno de los problemas es que las esquinas reciben tanta fuerza que se puede desgastar rápidamente. Se puede reducir el claro entre llave y tuerca al inicio pero se dificulta el montaje. Presentándose una contradicción.



1. Construir el modelo de contradicción



Buscando en la tabla 2 parámetros de los 39 para contradicciones técnicas se tiene:

Cosas que queremos mejorar: Confiabilidad (parámetro 27)

Cosas que se empeoran: Facilidad de operación (parámetro 33)

2. Verificar la tabla de contradicciones

	¿Qué se deteriora? 33. Facilidad de uso
¿Qué debe ser mejorado? 27. Confiabilidad	27 17 40

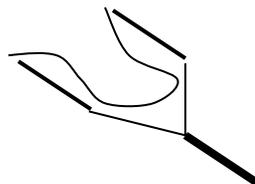
3. Interpretar los principios

Revisar cada uno de los principios y construir analogías entre los conceptos de principios y tu situación, y crear soluciones al problema:

- Principio 17. Mover al objeto en dos o tres dimensiones en el espacio o usar un lado diferente del área dada.
- Principio 27. Reemplazar objeto caro por varios baratos
- Principio 40. Cambiar de material uniforme a material compuesto.

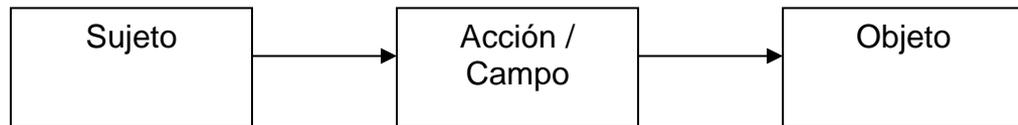
4. Resolver el problema.

La superficie de trabajo de la llave de tuercas se puede rediseñar en forma no uniforme (P17), agregar metal suave o plástico en la superficie de trabajo de la llave al apriete inicial.



## 6 Métodos de mejora funcional

Una función es el elemento básico del análisis TRIZ, se requieren al menos tres elementos para desarrollar una función: Sujeto, campo y objeto.



Si alguno de los componentes no trabaja adecuadamente, la función no se desarrolla de manera satisfactoria. La mejora funcional se refiere a mejorar las funciones útiles y a eliminar o evitar las funciones dañinas.

Los métodos para mejorar las funciones útiles son los siguientes:

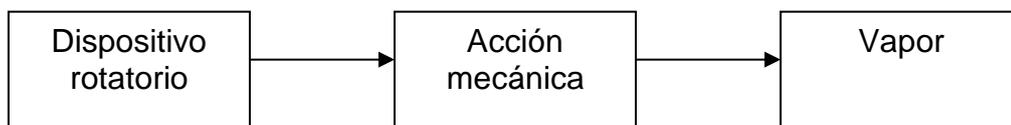
***Método 1. Cubrir el elemento faltante en un modelo sujeto-acción-sujeto.***

Lo más común es que falte acción y sujeto.

**Por ejemplo:**

Un líquido contiene burbujas de vapor. El efecto deseado es separar las burbujas del líquido, sin embargo, ese efecto no está sucediendo.

Con la aplicación de una fuerza centrífuga, el vapor puede separarse, se requiere agregar una acción o campo de “fuerza centrífuga”, y un sujeto o dispositivo rotatorio como sigue:

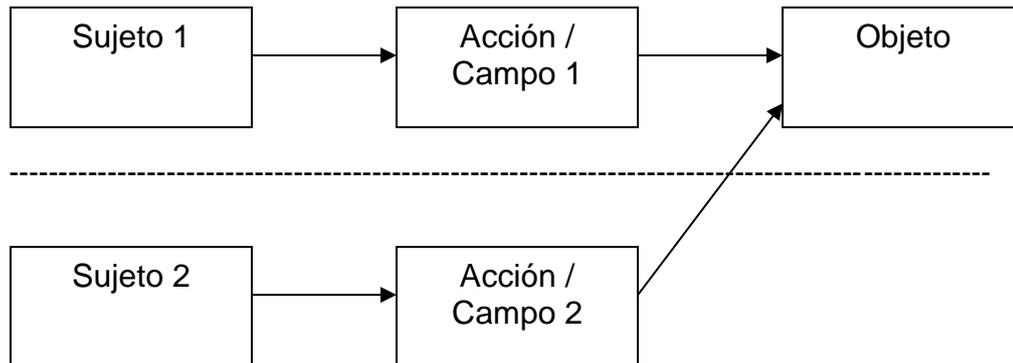


***Método 2. Agregar un sujeto y campo para crear una función útil adecuada***

Hay casos donde existen el sujeto y campo pero no son suficientes para crear una función útil adecuada.



Se agrega otro sujeto y campo para reforzar el esfuerzo, o sea:



**Por ejemplo:**

El uso único de medios mecánicos para remover el papel tapiz no es eficiente, Sin embargo rociando con vapor previamente será mucho más fácil remover el papel tapiz.

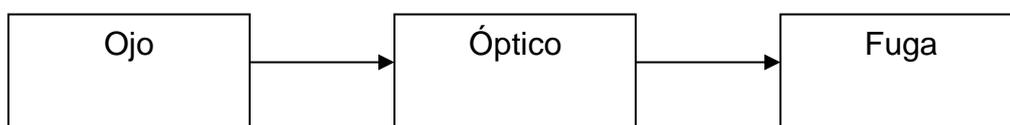
**Método 3. Mejorar el objeto**

Una de las causas comunes es que el objeto no es sensible a la acción o campo. Se puede incrementar su sensibilidad alterando al objeto como sigue: reemplazar el objeto original por una nueva sustancia; modificar la sustancia del objeto; aplicar aditivos externos al objeto; aplicar aditivos internos al objeto; cambiar la estructura de materiales o propiedades del objeto.

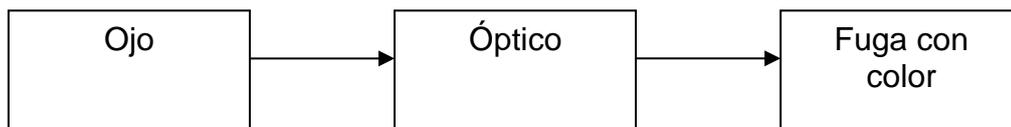
**Ejemplo:**

Verificar fugas en el refrigerador. Sin embargo las técnicas actuales no proporcionan detección y localización exacta de fugas de refrigerante.

Después de un análisis se observó que el ojo humano no es capaz de ver el líquido con fuga, o sea:



Se propone utilizar una capa de sustancia detectora en las áreas críticas. La superficie externa se pinta con pintura conductora de calor (mezclada con una sustancia detectora). La pintura cambia se diluye y cambia de color para indicar la localización de la fuga de refrigerante. O sea:

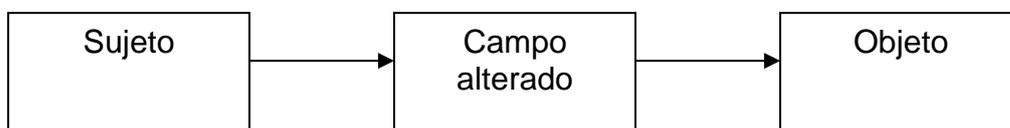


**Ejemplo:** Medir el área superficial de insectos de tamaño pequeño y superficie compleja.

Se propone aplicar una capa delgada de plata por recubrimiento químico en una solución ácida de nitrato de plata. La superficie del insecto se mide por el cambio en concentración de plata en la solución (o el peso) después del recubrimiento.

**Método 4. Mejorar el campo.**

Una causa común es que el campo no es efectivo para realizar la acción en el objeto. Se puede tratar de cambiar de las siguientes formas: Cambiar la dirección del campo; cambiar la intensidad del campo; cambiar la estructura espacial en el campo (uniforme, no uniforme, etc.); cambiar la estructura temporal del campo (impulsos, aceleración, desaceleración, hacia delante y hacia atrás, etc.); aplicar una nueva sustancia entre el sujeto y el objeto para alterar las propiedades del campo; agregar otro campo o campos para ampliar los efectos generales.



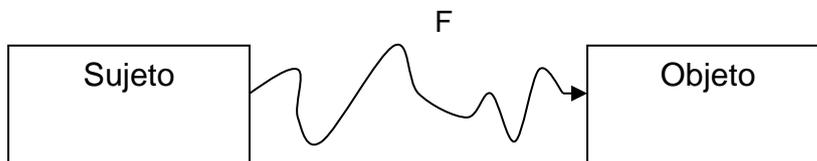
**Ejemplo:**

En la manufactura electrónica se requiere soldar alambres delgados en áreas de difícil acceso, se aplica una corriente eléctrica para fundir los alambres. Pero el alambre no se funde a menos que la corriente sea grande. Aplicando una capa de alta resistencia

en las puntas de unión provocará un campo eléctrico fuerte que forme un campo de alta temperatura para fundir el alambre sólo en su unión.

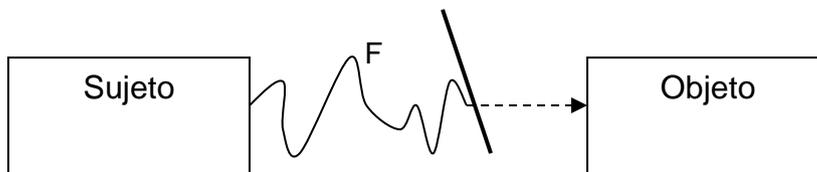
## 7 Métodos para eliminar o contener funciones dañinas

Cuando se tiene una función dañina se puede tratar de eliminar por medio de: bloquear o desactivar el campo dañino; destruir o desactivar el campo de una función dañina; pasar la acción dañina a otro objeto; agregar otro campo/campos para contrarrestar la acción dañina.



### ***Método 1. Bloquear o desactivar la acción dañina (campo)***

Se puede bloquear la acción dañina al insertar una sustancia para blindar el objeto de la acción dañina o insertar una sustancia entre el sujeto y el objeto para cambiar la propiedad del campo dañino.



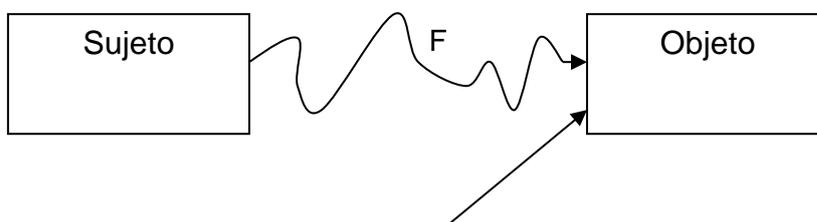
### **Ejemplo:**

Para tener un tubo doblado se dobla sobre un mandril para tener la forma deseada.

Sin embargo con la fuerza el mandril daña al tubo.

Se sugiere introducir una capa elástica de poliuretano entre el mandril y el tubo para amortiguar el daño durante el doblez.

### ***Método 2. Agregar otro campo para contrarrestar la acción dañina.***



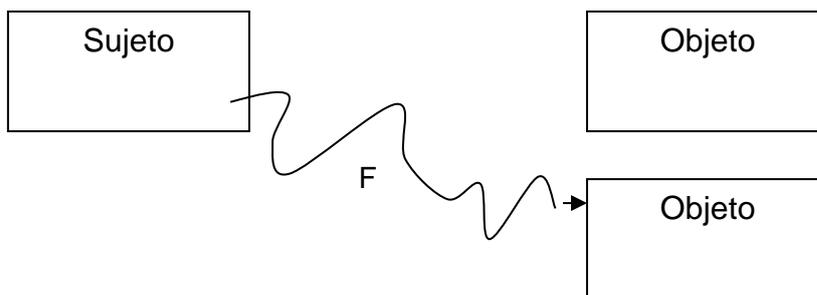
F1

**Ejemplo:**

Para polinización artificial las flores son rociadas con una corriente de aire conteniendo polen. Una desventaja es que no todas las flores se abren con la corriente de aire.

Se propone usar un campo eléctrico. Un electrodo flexible se pasa por la flor cargándola. Después un electrodo con carga opuesta se pasa por la flor para abrirla, en este momento se aplica el polen.

**Método 3. Dirigir la acción dañina hacia otro objeto**



**Ejemplo:**

Un pararrayos aleja la descarga eléctrica de los rayos de los edificios.

**Ejemplo:**

Un cable se entierra en el suelo, pero las cuarteadoras de terreno pueden dañar el cable.

Se sugiere excavar trincheras paralelas al cable para que las fracturas se orienten a ellas.

**Método 4. Adaptar o reemplazar el sujeto de una función dañina**

Se puede adaptar o reemplazar el sujeto de una función dañina por uno de los métodos siguientes para que el sujeto no genere una acción dañina: simplificar el sistema para eliminar al sujeto; reemplazar al sujeto por otra parte del sistema; reemplazar al sujeto por otra sustancia; apagar la influencia magnética sobre el sujeto.

**Ejemplo:** En un foco, se agrega bromuro para aumentar la vida del filamento retardando su evaporación.

***Método 5. Recortar o reemplazar el objeto de una función dañina***

Se puede recortar o reemplazar el objeto por alguna de las siguientes acciones: simplificar el sistema para eliminar al objeto; reemplazar al objeto por otra parte del sistema; reemplazar al objeto por otro objeto; apagar la influencia magnética sobre el objeto.

**Ejemplo:**

Para reducir los alérgenos (que producen alergia) en la leche se hierva y después se enfría, lo que genera almidón asentado (que debe eliminarse). Esto hace que la mayoría de los componentes de globulina que son muy alérgenos permanezcan en la leche.

Se sugiere agregar cloruro de calcio (0.03 a 0.1% en concentración) a la leche (antes del tratamiento), para que las fracciones de globulina se asienten durante el tratamiento, reduciendo los alérgenos.

**Ejemplo:**

Tubos delgados de NiCr se hacen por medio de procesos de estirado, sin embargo se deforman fácilmente durante su transporte o maquinado.

Se sugiere que tengan un núcleo de aluminio dentro del tubo para evitar que se deformen y después se remueva con un agente alcalino.

## **8 Recorte / reducción de la complejidad**

### **Partes que deberían ser recortadas**

Las partes que pueden recortadas son las siguientes: las que no tienen una función útil; las que provocan muchas funciones dañinas y poco útiles; las que tienen poco valor para los clientes; las que tienen una tasa de utilización baja.

### **Partes que pueden ser recortadas**

Las partes que pueden ser recortadas son: la acción útil de la parte puede ser realizada por otra parte del sistema; la acción útil de la parte se puede hacer cambiando otra parte del sistema; la función útil se puede hacer por la parte que recibe la acción (autoservicio); la función útil de la parte puede ser realizada por un sustituto barato o desechable.

**Ejemplo:**

En Rusia cuando enviaron a la luna un satélite para que le tomara fotografías, se tenía el problema de que para la iluminación, los focos normales incandescentes no resistirían el impacto del aterrizaje, aun los usados en tanques de guerra. Sugerencia, como en la luna hay un perfecto vacío, se usaron focos incandescentes sin cristal ya que sólo es útil para mantener el vacío en la tierra.

## **9 Evolución de los sistemas tecnológicos**

TRIZ establece que la evolución de los sistemas tecnológicos se orienta a mejorar el grado de idealidad, donde:

$$Idealidad = \frac{\sum Beneficios}{\sum Costos + \sum Daños}$$

Por tanto el enfoque se orienta a: incrementar los beneficios; reducir los costos; reducir los daños, para lo cual hay varias técnicas:

### **Técnicas para incrementar beneficios**

- Incrementar el número de funciones de un sistema simple a un polisistema: escopeta de dos cañones; desarmador plano y de cruz; reloj y calculadora; lápiz con goma ( dos funciones opuestas)
- Incrementar la magnitud y calidad de una función: un arma de fuego que no solo sirve a cortas distancias sino cada vez más a larga distancia. Otro ejemplo, la tarjeta de usos múltiples para un estudiante universitario.

### **Técnicas para reducir los costos**

- Eliminar funciones redundantes
- Eliminar partes redundantes
- Reemplazar partes con sustitutos baratos

- Combinar varias partes en una sola
- Realizar funciones de partes con sustancias de recursos ya existentes

Por ejemplo llenar el techo de un invernadero con un líquido que se expanda con la temperatura, así entre más calor externo haya, el líquido dejará pasar menos calor hacia adentro y viceversa.

#### **Reducir el número de funciones de soporte**

- Recortar funciones de soporte y partes relacionadas.
- Simplificar funciones de soporte y partes relacionadas
- Usar recursos ociosos para desarrollar funciones de soporte

#### **Técnicas para reducir daños**

- Usar mejoras funcionales para reducir daños
- Usar recorte para reducir funciones dañinas
- Usar recursos disponibles para combatir funciones dañinas.